

Diese Prüfung besteht aus einem Fragenteil und einem Rechenteil. Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

- Bearbeitungszeit : 90 min
- Erlaubte Hilfsmittel :
 - Schreib- und Zeichengerät
 - Taschenrechner

Note : _____

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	

K Ü R Z F R A G E N :

1. Ein Trägerfrequenzmessverstärker arbeitet mit einer Trägerfrequenz von 5 kHz. Ein nachgeschalteter Tiefpassfilter besitzt eine Knickfrequenz von 1 kHz. Das Signal wird mit einem Rechner erfasst.

a. Wie groß muss die Abtastfrequenz mindestens sein? (2P)

2 kHz

b. Mit dem genannten Trägerfrequenzmessverstärker werden mit DMS Schwingungen um 10 kHz gemessen. Die Abtastfrequenz sei "hoch genug". Welches Ergebnis stellt sich ein (Warum?)? (2P)

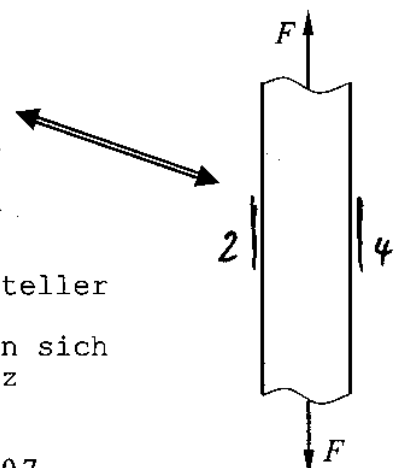
angeregtes Signal stets Null, Tiefpassfilter nimmt 10 kHz "vorus"

2. Welcher Signalbereich ist der Signalübertragung mit einer Spannung üblich? (2P)

-10 V ... +10 V

3. Wie müssen zwei aktive DMS auf dem Zugstab angeordnet werden, wenn die Zugkraft (biegekompenziert) gemessen werden soll? (3P)

beide Längs



4. Bei einem optischen Abstandsmesssystem (z.B. Triangulationsverfahren) gibt der Hersteller hinsichtlich des Messfrequenzbereiches "100 Hz -3dB" an. Welche Konsequenzen ergeben sich daraus für Signalfrequenzen von 20 Hz, 100 Hz und 500 Hz. (4P)

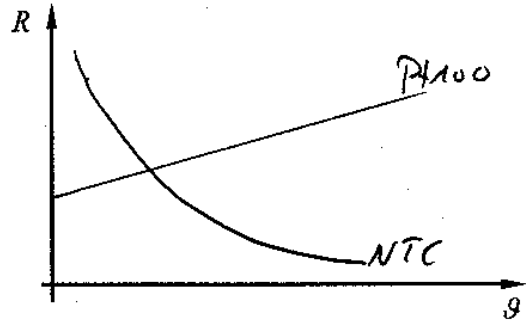
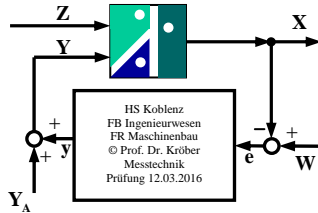
Hilfestellung zur Argumentation: $10^{-\frac{3}{20}} \approx 0,708 \approx 0,7$

20 Hz → Signal ca. 100% sichtbar ; 100 Hz → ca 30% Amplitude abgeschwächt ; 500 Hz → Signal etwa Null

5. Bei einer Zugkraftmessung wird zunächst eine Viertelbrücke (DMS längs) verwendet. Ein pfiffiger Mensch kommt auf die Idee zur Erhöhung der Empfindlichkeit 4 DMS als Vollbrücke zu verwenden (alle längs angeordnet). Welches Ergebnis ergibt sich? (3P)
falsches Ergebnis: dreifache Empfindlichkeit

Kommt Null raus, alle Änderungen heben sich auf

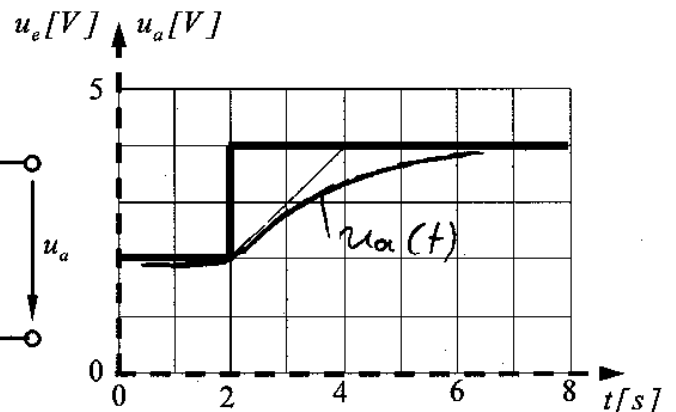
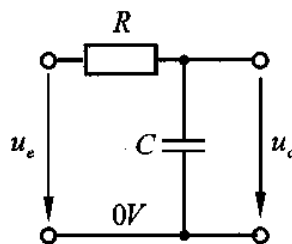
6. Tragen Sie in das Diagramm die Kennlinie eines Pt100 und eines NTC's ein (prinzipieller Verlauf)! (3P)



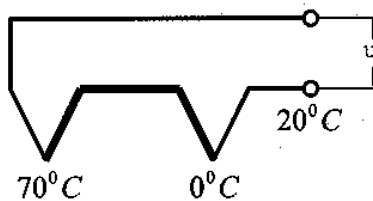
7. An dem RC-Glied liegt am Eingang der eingezeichnete Signalverlauf an. Vor der Sprungfunktion ist die Eingangsspannung lange Zeit konstant. Ergänzen Sie den Signalverlauf der Ausgangsspannung!

Es sei $T = R \cdot C = 2 \text{ s}$

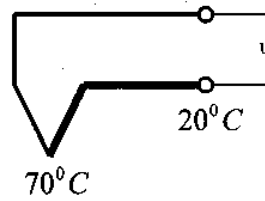
(4P)



8. Bei der links abgebildeten Thermoelementanordnung wird eine Spannung $u = 2,8672 \text{ mV}$ gemessen. Wie groß ist die Thermoempfindlichkeit? Welche Thermospannung wird bei der rechten Anordnung gemessen (gleiches Thermopaar)? (3P)



$$\frac{2,8672 \text{ mV}}{70^\circ\text{C}} = 40,96 \frac{\mu\text{V}}{^\circ\text{C}}$$



$$40,96 \frac{\mu\text{V}}{^\circ\text{C}} \cdot 50^\circ\text{C} = 2,048 \text{ mV}$$

9. Wie groß ist in der Fragestellung zuvor (Thematik Thermoelemente) die Raumtemperatur? (1P)

20°C

10. Bei der Temperaturmessung werden sogenannte Ausgleichsleitungen eingesetzt. Wozu werden diese eingesetzt? (2P)

„Verlängerungsschleife“ der Thermodrähte bis Vergleichsstelle

11. Eine Spannung von 6V (Wandlerbereich 0 bis 10 V) soll in ein 4 bit Ergebnis umgewandelt werden.

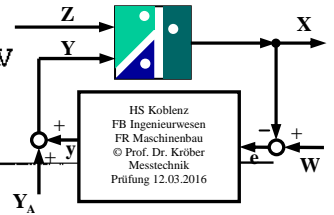
Hilfestellung:

bit1 → 5V; bit2 → 2,5V; bit3 → 1,25V; bit4 → 0,625V

Wie groß sind bit1, bit2, bit3 und bit4?

(3P)

1 0 0 1



12. Das Volumen einer Kugel ändert sich aufgrund einer Veränderung des Durchmessers um 1,5%. (4P)

a. Wie groß muss dann die relative Durchmesseränderung sein?

$$\frac{\Delta d}{d} = ? \quad 0,5\%$$

b. Alternativ: Wie groß ist die relative Änderung vom Radius?

$$\frac{\Delta r}{r} = ? \quad 0,5\%$$

13. Ein Messumformer hat ein Amplitudenverhältnis von -10 dB. Ein gleicher Messumformer wird nochmals in Reihe geschaltet. Wie groß ist dann das gesamte Amplitudenverhältnis [in dB]? (2P)

-20 dB

14. Wie ist der absolute Messfehler definiert (2 Varianten)?

(2P)

IST-SOLL Messwert - wahrer Wert

15. Die Messzeit für 1000 Werte beträgt $t_{\text{mess}} = 2$ Sekunden. Wie groß ist die Frequenzauflösung Δf [in Hz]? (2P)

0,5 Hz

16. Mit einem Näherungsschalter, der eine Zahnfolge abtastet, lässt sich nicht die Drehrichtung feststellen. Wie ist das Messsystem zu ergänzen, damit die Drehrichtung ermittelt werden kann? (3P)

Zwei Näherungsschalter, versetzt um $\frac{1}{4}$ der Zahnteilung

17. Eine Messgröße wird 10 mal gemessen. Wie unterscheiden sich Mittelwert und Standardabweichung hinsichtlich der Einheiten?

(2P)

sind identisch

18. Welches Temperaturmessverfahren wird durch die angegebene Gleichung beschrieben?

(3P)

NTC

$$R_T = R_0 \cdot e^{B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

Welcher Parameter in der Gleichung ist verantwortlich für die Empfindlichkeit?

B

R E C H E N T E I L

Aufgabe 1 (9P)

Ein Pt100 hat zunächst einen Widerstand von 120Ω . Hierbei kann von folgender Gleichung ausgegangen werden:

$$R = R_{\vartheta} = R_0 \cdot (1 + \alpha_{Pt} \cdot \vartheta) \quad \text{Zahlenwerte: } R_0 = 100 \Omega ; \alpha_{Pt} = 3,85 \cdot 10^{-3} K^{-1}$$

- a. Wie groß muss dann die Temperatur sein?
- b. Im Folgenden soll untersucht werden wie sich eine Widerstandsänderung in einer Temperaturänderung niederschlägt. Dies wird durch folgenden Differentialquotienten ausgedrückt:

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial R} = \dots$$

Bestimmen Sie diesen Differentialquotienten formelmäßig und numerisch!

- c. In einem weiteren Fall beträgt der Widerstand 240Ω . Wie groß ist dann die Temperatur?
Hinweis: Geeignete lineare Interpolation anwenden

ϑ [°C]	0	100	200	300	400	500
R [Ω]	100,00	138,50	175,84	212,02	247,04	280,90

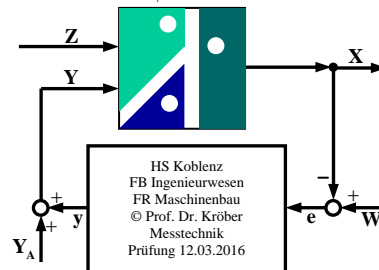
Aufgabe 2 (9P)

In der Mensa wird genau um 12.00 Uhr eine Tasse Kaffee hergestellt. Um 12.10 Uhr beträgt die Temperatur 50°C und um 12.20 Uhr nur noch 40°C . Die Umgebungstemperatur sei 20°C .

- a. Bestimmen Sie zunächst die Zeitkonstante!
- b. Wie groß muss dann die Temperatur um 12.00 Uhr gewesen sein?
- c. Wie groß müsste die Temperatur um 12.00 Uhr gewesen sein, wenn man einen linearen Temperaturabfall über der Zeit zugrunde gelegt hätte?

Hilfestellung:

$$\frac{\text{momentane Differenz}}{\text{Anfangsdifferenz}} = e^{-\frac{t}{T}}$$



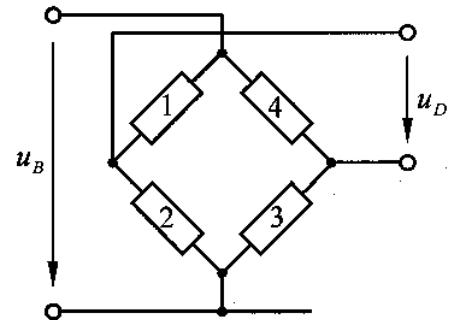
Aufgabe 3 (8P)

Bei einer Wheatstone'schen Messbrücke sind folgende Größen gegeben:

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega; R_2 = 2 \text{ k}\Omega; R_3 = 3 \text{ k}\Omega; R_4 = 4 \text{ k}\Omega;$$

- Bestimmen Sie zunächst die Brückenverstimmung in [mV/V]!
- Der Widerstand R_4 soll so abgeändert werden, dass die Brückenverstimmung zu Null wird. Wie groß müsste dann der Widerstand R_4 sein?
- Nun sei es so, dass der Widerstand R_4 selbst nicht abgeändert werden kann. Welchen Widerstand muss man R_4 parallel schalten, damit die Messbrücke abgeglichen wird?

Hilfestellungen:



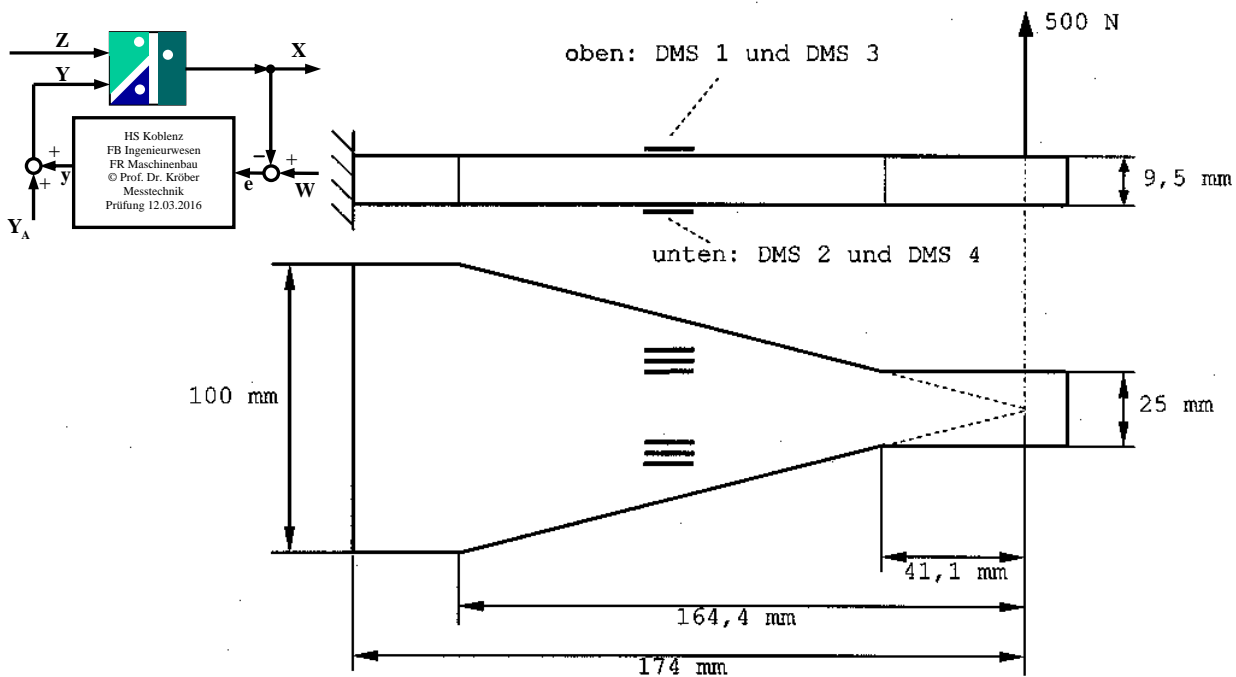
$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{R_2 \cdot R_4 - R_1 \cdot R_3}{(R_1 + R_2) \cdot (R_3 + R_4)}$$

Hilfestellung hierzu:
$$\frac{1}{R_{4 \text{ neu}}} = \frac{1}{R_{4 \text{ alt}}} + \frac{1}{R_{\text{parallel}}}$$

Aufgabe 4 (9P)

Bei dem einseitig eingespannten Biegebalken handelt es sich im interessierenden Bereich um einen Biegebalken gleicher Biegespannung. Die Zahlenwerte sind identisch mit dem dazugehörigen Laborversuch im Messtechnik-Praktikum.

Ferner sind gegeben: $E = 204000 \text{ N/mm}^2$; $k = 1,98$



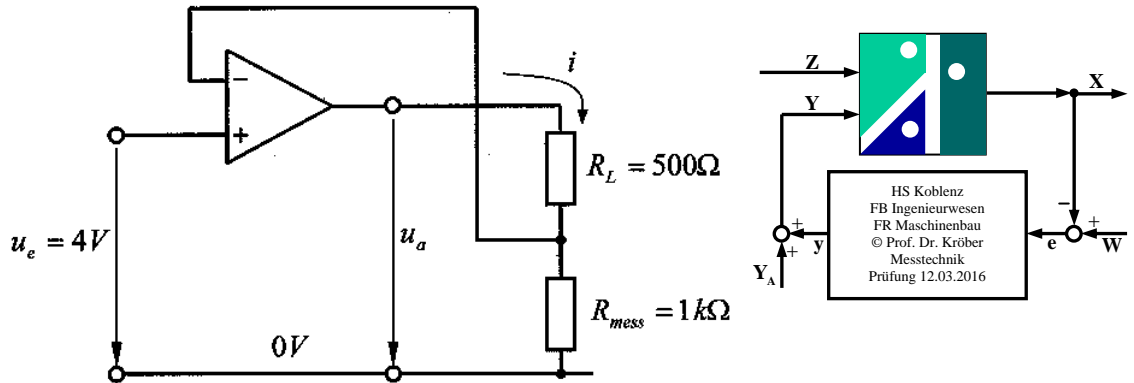
- Bestimmen Sie zunächst die Dehnung im Bereich des DMS 2!
- Wie groß ist die gemessene Brückenverstimmung?

Weitere Hilfestellungen:

$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} \left(\frac{\Delta R_2}{R} + \frac{\Delta R_4}{R} - \frac{\Delta R_1}{R} - \frac{\Delta R_3}{R} \right) \quad \frac{\Delta R}{R} = k \cdot \varepsilon \quad W_b = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

Aufgabe 5 (7P)

Die Abbildung zeigt einen Messumformer U/I. Bestimmen Sie i und u_a !

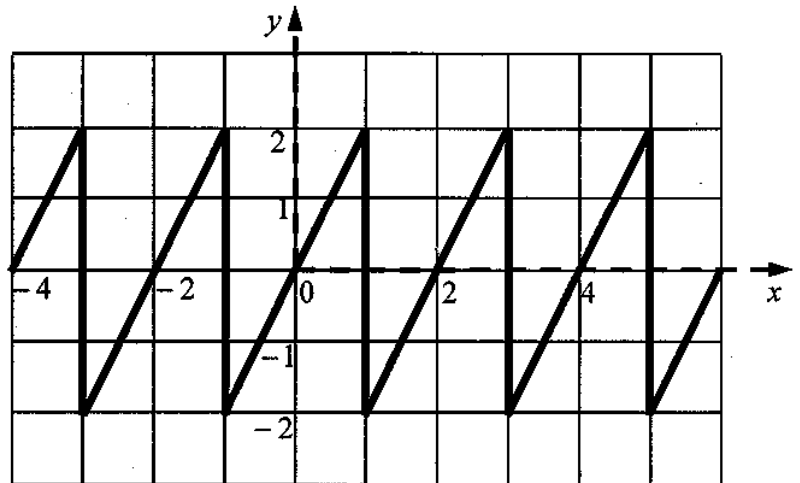


Aufgabe 6 (8P)

Von dem abgebildeten Signalverlauf sind a_1 , b_1 und A_1 zu ermitteln.

Bemerkungen:

Der gesamte Lösungsweg muss ersichtlich sein. Keine Integration "nur im Taschenrechner"! Gesucht ist die exakte Lösung.



Hilfestellungen:

$$\int x \sin(ax) dx = -\frac{x}{a} \cos(ax) + \frac{1}{a^2} \sin(ax) + C \quad A_i = \sqrt{a_i^2 + b_i^2}$$

Hinweis:

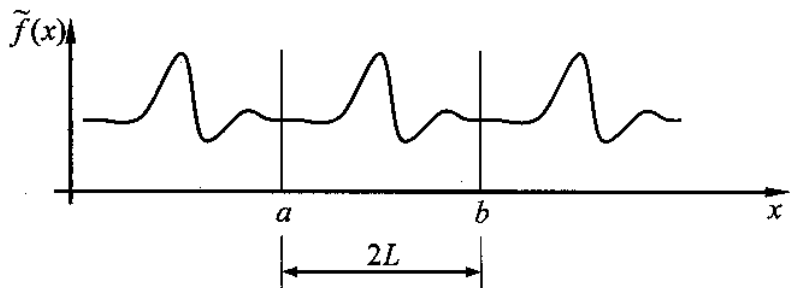
Sei $\tilde{f}(x)$ eine periodische Funktion der Periode $2L$, dann lässt sich $\tilde{f}(x)$ durch folgende Reihenentwicklung approximieren:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^n a_i \cos\left(i \frac{\pi}{L} x\right) + \sum_{i=1}^n b_i \sin\left(i \frac{\pi}{L} x\right)$$

wobei:

$$a_i = \frac{1}{L} \int_a^b \tilde{f}(x) \cos\left(i \frac{\pi}{L} x\right) dx$$

$$b_i = \frac{1}{L} \int_a^b \tilde{f}(x) \sin\left(i \frac{\pi}{L} x\right) dx$$



Prüfung Messtechnik 12.03.2016

zu 1, a) $R_{rel} = R_0 (1 + \alpha_{Pt} \cdot \Delta l) \Rightarrow \Delta l = \frac{1}{\alpha_{Pt}} \left(\frac{R_{rel}}{R_0} - 1 \right)$

$= \frac{1}{3,85 \cdot 10^{-3}} \left(\frac{120}{100} - 1 \right) ^\circ C = \underline{\underline{51,948^\circ C}}$

b) $\frac{\Delta l}{\Delta R} = \frac{\partial \Delta l}{\partial R_{rel}} = \frac{1}{\alpha_{Pt} R_0} = \frac{1}{3,85 \cdot 10^{-3} \cdot 100} \frac{^\circ C}{\Omega} = \underline{\underline{2,5974^\circ C/\Omega}}$

c) $\frac{240 - 212,02}{247,04 - 212,02} = 0,79897 \Rightarrow \underline{\underline{\Delta l = 379,897^\circ C \approx 379,9^\circ C}}$

zu 2, a) $\frac{m_{auf}}{A_{auf}} = e^{-t/T} \Rightarrow \frac{20}{30} = e^{-\frac{10 \text{ min}}{T}} \Rightarrow T = \frac{10 \text{ min}}{\ln \frac{30}{20}} = \underline{\underline{24,663 \text{ min}}}$

b) $\frac{m_{auf}}{A_{auf}} = e^{-t/T} \Rightarrow \frac{30}{A_{auf}} = e^{-\frac{10}{24,663}} \Rightarrow A_{auf} = 45^\circ C \Rightarrow \underline{\underline{\Delta l_0 = 65^\circ C}}$

c) 10 min \rightarrow Abfall $10^\circ C \Rightarrow \underline{\underline{\Delta l_0 = 60^\circ C}}$

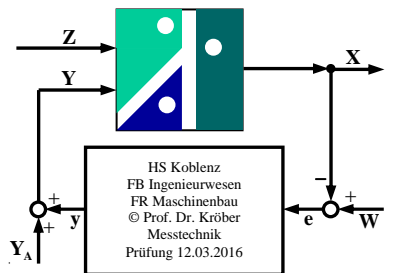
zu 3, a) $\frac{U_D}{U_B} = \frac{2 \cdot 4 - 1 \cdot 3}{(1+2)(3+4)} = \underline{\underline{238,1 \frac{mV}{V}}}$

b) Zähler gleich Null $R_2 R_4 = R_1 R_3$
 $\underline{\underline{R_4 = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_2} = \frac{1 \cdot 3}{2} = 1,5 k\Omega}}$

c) $\frac{1}{1,5 k\Omega} = \frac{1}{4 k\Omega} + \frac{1}{R_p} \Rightarrow \underline{\underline{R_p = 2,4 k\Omega}}$

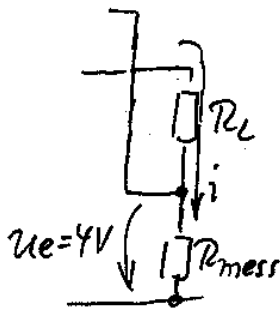
zu 4, a) $\underline{\underline{E_2 = \frac{\sigma_2}{E} = \frac{M_{b2}}{E W_b} = \frac{F \cdot l}{E W_b} = \frac{500 \cdot 41,1}{204000 \frac{25 \cdot 9,5^2}{6}} = 267,833 \frac{\mu m}{m}}}$

b) $\underline{\underline{\frac{U_D}{U_B} = \frac{1}{4} (K \cdot E_2 \cdot 4) = K \cdot E_2 = 1,98 \cdot 267,833 \cdot 10^{-6} = 0,5304 \frac{mV}{V}}}$



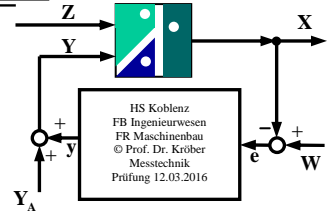
Prüfung Messtechnik 12.03.2016

2a5)



$$\underline{i = \frac{U_e}{R_{\text{mess}}} = \frac{4\text{V}}{1\text{k}\Omega} = \underline{4\text{mA}}}$$

$$\underline{U_{\text{ax}} = i(R_{\text{mess}} + R_L) = 4 \cdot 10^{-3} (1000 + 500)\text{V} = \underline{6\text{V}}}$$



2a6)

$$2L = b - a = 2 \Rightarrow L = 1$$

Funktion ungerade $\rightarrow \underline{a_1 = 0}$

$$b_1 = \frac{1}{1} \int_{-1}^{+1} 2x \cdot \sin\left(1 \cdot \frac{\pi}{1} x\right) dx = 2 \int_{-1}^{+1} x \sin(\pi x) dx$$

$$= 2 \left[-\frac{x}{\pi} \cos(\pi x) + \frac{1}{\pi^2} \sin(\pi x) \right]_{-1}^{+1}$$

$$= 2 \left[\underbrace{-\frac{1}{\pi} \cos(\pi)}_{-1} + \underbrace{\frac{1}{\pi^2} \sin(\pi)}_{=0} + \underbrace{\frac{-1}{\pi} \cos(-\pi)}_{-1} - \underbrace{\frac{1}{\pi^2} \sin(-\pi)}_{=0} \right]$$

$$\underline{b_1 = \frac{4}{\pi} \approx 1,273}$$

$$\underline{A_1 = \sqrt{a_1^2 + b_1^2} = \sqrt{0^2 + \left(\frac{4}{\pi}\right)^2} = \underline{\frac{4}{\pi} \approx 1,273}}$$